



Somatotropina vs. hormona foliculoestimulante: recuento folicular antral en vacas lactantes y no lactantes

Payano, I.U.¹ ; Eulogio, C.Q.³ ; Gomez, E.A.³ ; Villar, F.A.¹ ; Fermín, J.U.³ ; Saavedra, E.¹ ; Mauricio-Ramos, Y.¹ ; Sarapura, V.² ; Ninahuanca, J.^{1*} 

¹Departamento Académico de Zootecnia. Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla N° 3909 - El Tambo, Huancayo, Junín, Perú. ²Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Nacional del Centro del Perú. Av. Mariscal Castilla N° 3909 - El Tambo, Huancayo, Junín, Perú. ³Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo, Perú.

✉ jninahuanca@uncp.edu.pe

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la somatotropina bovina (bST) sobre la dinámica folicular en vacas lecheras lactantes y no lactantes. Se realizó un ANOVA factorial 2x2, considerando el estado de lactancia y la hormona utilizada como factores. Se utilizaron 20 vacas, 10 lactantes (5 con FSH y 5 con bST) y 10 no lactantes (5 con FSH y 5 con bST). En vacas lactantes, el tratamiento con bST mostró un recuento total de folículos significativamente mayor ($16,4 \pm 2,3$) frente a FSH ($11,8 \pm 1,92$), mientras que en no lactantes no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$). En número de folículos de tamaño 2-4 mm, se evidenció diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en vacas lactantes, siendo la bST superior a la FSH con $12 \pm 1,41$ folículos y $6,4 \pm 1,34$ folículos, respectivamente. Para el número de folículos de tamaño 4-8 mm, no hubo diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$). En caso de viabilidad la bST mostró mejores resultados encontrando diferencias estadísticas ($p < 0,05$) frente al grupo de FSH, tanto para vacas lactantes como no lactantes. Estos resultados subrayan la necesidad de ajustar los protocolos hormonales basados en el estado fisiológico de las vacas para maximizar la producción de ovocitos viables, lo cual es crucial para la reproducción asistida y para mejorar la eficiencia reproductiva en la industria ganadera.

Palabras clave: Foliculoestimulante, tratamientos hormonales, tamaño folicular, *in vitro*.

Somatotropin vs. follicle-stimulating hormone: Antral follicle count in lactating and non-lactating cows

Abstract. The objective was to evaluate the effect of follicle stimulating hormone (FSH) and bovine somatotropin (bST) on follicular dynamics in lactating and non-lactating dairy cows. A 2x2 factorial ANOVA was performed, considering lactation status and the hormone used as factors. A total of 20 cows were administered, 10 lactating (5 treated with FSH and 5 with bST) and 10 non-lactating (5 treated with FSH and 5 with bST). In lactating cows, bST treatment resulted in a significantly higher total follicle count (16.4 ± 2.3) compared to FSH (11.8 ± 1.92), whereas no significant differences were observed in non-lactating cows ($p > 0.05$). Regarding the number of follicles measuring 2-4 mm, significant differences ($p < 0.05$) were found in lactating cows, with bST resulting in a higher count (12 ± 1.41) compared to FSH (6.4 ± 1.34). For follicles measuring 4-8 mm, no significant differences were observed between groups ($p > 0.05$). In terms of viability, bST showed better results, with significant differences ($p < 0.05$) compared to the FSH group in both lactating and non-lactating cows. These findings highlight the need to adjust hormonal protocols based on the cows' physiological state to maximize viable oocyte production, which is crucial for assisted reproduction and improving reproductive efficiency in the livestock industry.

Key words: Follicle stimulant, hormone treatments, follicle size, *in vitro*.

INTRODUCCIÓN

La reproducción eficiente y la producción óptima de leche son pilares fundamentales en la industria ganadera (Estremadoyro et al. 2024, Villar et al. 2025). En este contexto, entender y manipular la dinámica folicular en vacas lecheras, tanto lactantes como no lactantes, es de crucial importancia. La hormona foliculo estimulante (FSH) y la somatotropina bovina (bST) son dos agentes hormonales que han demostrado influir significativamente en la dinámica folicular, la ovulación y, en última instancia, indirectamente trabaja sobre el desarrollo folicular y mejorar la producción láctea (Lucy 2016, Santos et al. 2020). La FSH juega un papel esencial en el desarrollo de los folículos ováricos. Su administración exógena se ha utilizado como estrategia para la superovulación y el aumento de la fertilidad en programas de reproducción asistida (Berisha et al. 2024). Estudios recientes han demostrado que la FSH no solo incrementa el número de folículos en crecimiento, sino que también mejora la calidad de los ovocitos, impactando positivamente en las tasas de fertilización y el desarrollo embrionario (Ginther et al. 2018, Aerts y Bols 2019).

Por otro lado, la bST, también conocida como hormona de crecimiento bovina, ha sido ampliamente utilizada para aumentar la producción de leche en vacas lecheras (Cox et al. 2024). Sin embargo, sus efectos no se limitan a la lactación. La bST también influye en la eficiencia reproductiva del ganado, potencia la función del cuerpo lúteo crucial para la producción de progesterona y eleva los niveles de IGF-I, un factor de crecimiento que regula el desarrollo folicular y la calidad ovocitaria (Uchida et al. 2001, Sartori et al. 2017). Su interacción sinérgica con la hormona foliculoestimulante (FSH) ha sido ampliamente documentada, mientras la FSH promueve el reclutamiento de folículos, la bST optimiza el microambiente ovárico al aumentar la biodisponibilidad de IGF-I, favoreciendo la maduración de folículos dominantes (Baruselli et al. 2023, Sguizzato et al. 2024). Se ha observado que la administración combinada de estas hormonas puede potenciar los efectos individuales de cada una, resultando en una mayor eficiencia reproductiva. Una investigación reciente ha demostrado que la suplementación con bST en vacas tratadas con FSH mejoró significativamente las tasas de ovulación y la calidad de los ovocitos tanto en vacas lactantes como no lactantes (Carrera-Chávez et al. 2014, Albaaj et al. 2023).

En el contexto de las vacas lecheras lactantes y no lactantes, es crucial considerar cómo estas hormonas afectan de manera diferente la dinámica folicular debido a variaciones en el metabolismo y el estado fisiológico de los animales. Las vacas lactantes, por ejemplo, enfrentan desafíos adicionales como el balance energético negativo, lo cual puede afectar la función ovárica y la respuesta a los tratamientos hormonales (Butler 2019, Alfradique et al. 2023). En contraste, las vacas no lactantes pueden responder de manera diferente debido a la ausencia de la carga metabólica asociada con la producción de leche. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la FSH y la bST sobre la dinámica folicular en vacas lecheras lactantes y no lactantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y muestras. El estudio se llevó a cabo en la “Estación Experimental el Mantaro”, distrito del Mantaro, provincia de Jauja, región de Junín, Perú. Ubicada a una altitud de 3.320 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio que oscilan entre 4°C y 8°C y una precipitación anual promedio de 749 mm.

Selección de animales. Se seleccionaron un total de 20 vacas Brown Swiss para este estudio, 10 vacas lactantes y 10 vacas no lactantes. Cada vaca tenía una puntuación de condición corporal (CC) de 3, en una escala de 0 a 5 según Ramírez-Lozano y Ramirez (2021). Antes de la selección, todas las vacas fueron sometidas a una evaluación exhaustiva para asegurar que estuvieran libres de cualquier problema de salud o reproductivo. Solo las vacas que cumplían con estos criterios fueron incluidas en el estudio.

A lo largo del estudio, todas las vacas fueron alimentadas con una dieta de 100% con alfalfa mientras pastaban, asegurando una ingesta nutricional consistente y de alta calidad. Esta dieta controlada fue elegida para mantener la uniformidad en el estado nutricional de las vacas, lo cual es esencial para evaluar con precisión los efectos de los tratamientos hormonales en la dinámica folicular y la recuperación de ovocitos.

Se aplicó dos protocolos (aplicación con bST y con FSH), de las 20 vacas, 10 lactantes (5 con FSH y 5 con bST) y 10 no lactantes (5 con FSH y 5 con bST). El primero incluyó la administración intramuscular de benzoato de estradiol (2 mg), prostaglandina (0,526 mg) y un dispositivo intravaginal de progesterona (1 g) el día 0 (Landeo et al. 2022, Hafizuddin et al. 2024). Los días 4 y 5, se administró hormona foliculoestimulante (FSH) intramuscular (Folltropin-V®; 200 mg equivalente a 400 UI, contenido liofilizado, Bioniche Animal Health [Vetoquinol], Canadá), dividida en cuatro dosis iguales de 50 mg (100 UI) cada 12 horas. El día 7, se retiró el dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR®; 1,38 g de progesterona natural, Zoetis Inc., Estados Unidos), seguido de la punción ovárica guiada por ultrasonido (OPU) o recolección de ovocitos, realizada dentro de las 24 horas posteriores a la remoción del implante.

En el segundo protocolo incluyeron somatotropina bovina (bST), se utilizó Boostin®-S, formulación de liberación sostenida con 500 mg de bST, administrada vía subcutánea el día 0 y repetida cada 14 días para mantener niveles hormonales estables, según su diseño farmacéutico. Este esquema se combinó con una recolección semanal de ovocitos (OPU, 12 sesiones en 3 meses) para evaluar la respuesta ovárica. Los conteos foliculares se categorizaron en tres rangos de tamaño: 2-4 mm (pequeños), 4-8 mm (medianos) y mayores de 8 mm (grandes) (Haadsma et al. 2007). Además, se evaluó la cantidad y calidad de los ovocitos recolectados.

Recogida de ovocitos mediante la técnica de recogida de óvulos. Las vacas fueron llevadas a una manga de manejo y se les administró anestesia epidural (Lidocaine, RICHMOND, Argentina) para facilitar la manipulación adecuada de los ovarios. A continuación, se limpió la región

perianal para asegurar la condición sanitaria del tracto reproductivo. Se realizó un examen ecográfico (esaote, modelo MyLabOne, Péru) de los ovarios utilizando un transductor microconvexo transvaginal (5-7,5 MHz) para medir los folículos. Una vez identificados los ovarios, se introdujo una guía de aspiración y un mango de OPU de 60 cm, equipados con una guía de punción. A través de la guía, se insertó una aguja de punción desechable (18 G, 0,9 × 70 mm) conectada a un tubo estéril de 50 ml mediante una tubería de teflón. La configuración de la OPU se realizó utilizando una bomba de vacío accionada con el pie, manteniendo una presión constante de 75 mm Hg. Para garantizar la trazabilidad de los complejos Cúmulo ovocito (COC), la aspiración se efectuó de manera diferenciada según tres categorías foliculares preestablecidas (clasificadas por tamaño y aspecto ecográfico). Tras aspirar cada grupo de 3-4 folículos de una misma categoría, el sistema de recolección (incluyendo la aguja y el medio de lavado) se enjuagó meticulosamente con solución de PBS suplementada con heparina sódica (2,2 UI ml⁻¹) y suero fetal bovino (1%). Posteriormente, los COC recuperados fueron clasificados individualmente según la categoría folicular de origen, asegurando una evaluación específica para cada grupo.

Tamizaje y Clasificación de Ovocitos. Tras la recolección, los tubos cónicos de cada categoría folicular se transportaron al laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura (37 °C) para preservar la viabilidad celular. Para garantizar la trazabilidad, el procesamiento de los COC se realizó de forma independiente según su grupo de origen (categorías foliculares 1, 2 y 3, previamente definidas por tamaño y características ecográficas). Inicialmente, el líquido folicular de cada categoría se filtró mediante un sistema de malla de 100 µm de diámetro, separando los (COC's) de residuos celulares y sangre. El filtrado se depositó en placas de Petri estériles y se examinó bajo microscopio estereoscópico a 20X para identificar los COC. Estos se analizaron individualmente a 40X y se clasificaron en cuatro grados morfológicos específicos para cada categoría folicular de origen: A (ovocitos con ≥3 capas de células del cúmulo y citoplasma homogéneo), B (ovocitos con células del cúmulo parciales y citoplasma irregular), C (ovocitos desnudos) y D (ovocitos con fibrina circundante) (Lasiene et al. 2009). Solo los COC de grados A y B, provenientes de cualquier categoría folicular, se consideraron aptos para cultivo *in vitro*, mientras que los de grados C y D se descartaron por baja calidad.

Análisis estadístico. Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad en los datos. Se utilizaron estadísticas descriptivas para analizar las variables, incluyendo parámetros de tendencia central y dispersión. Para determinar los efectos de los tratamientos en las variables, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x2, considerando la lactancia y el uso de somatotropina como factores.

Principio ético. Todos los procedimientos de cuidado y manejo de los animales fueron respaldados por

el comité de ética institucional de la Dirección Regional de Agricultura, que siguió los protocolos y pautas éticas para garantizar el bienestar animal, con ética otorgada por la carta LETTER N° 009-GRJ-DRA-AAC-PERÚ-2023 de fecha 20/09/23.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo. El análisis de la dinámica folicular en vacas lecheras lactantes y no lactantes tratadas con FSH y bST proporcionó información significativa sobre los efectos de estos tratamientos hormonales en el tamaño de los folículos y la viabilidad de los ovocitos. Las estadísticas descriptivas para el tamaño de los folículos, el conteo total de folículos y los ovocitos viables se presentan en la Tabla 1.

Tamaño del folículo (2-4 mm). En vacas no lactantes, el tratamiento con FSH registró un promedio de 9,2 ± 1,3 folículos en el rango de 2-4 mm, con un mínimo de 8 y un máximo de 11. En contraste, la administración de somatotropina bovina (bST) mostró un incremento significativo, alcanzando 11,2 ± 2,6 folículos en el mismo rango, con valores entre 8 y 14, evidenciando diferencias estadísticas (p<0,05). En vacas lactantes, la diferencia fue aún más marcada: mientras que FSH resultó en 6,4 ± 1,3 folículos (rango: 5-8), bST elevó el promedio a 12 ± 1 folículos (rango: 10-14), destacando su eficacia en animales en producción activa (p<0,05).

Conteo Total de Folículos. El recuento total de folículos en vacas no lactantes tratadas con FSH fue de 13,2 ± 2,6 folículos, con un rango de 10 a 16. Con bST, el promedio aumentó levemente a 14 ± 1,9 folículos (rango: 11-16), indicando una mejora moderada en la reserva folicular. Sin embargo, en vacas lactantes, la diferencia fue notable: FSH registró 11,8 ± 1,9 folículos totales (rango: 9-14), mientras que bST alcanzó 16,4 ± 2,3 folículos (rango: 14-19).

Ovocitos de Calidad Cultivable (4-8 mm). En vacas no lactantes, el número promedio de ovocitos viables obtenidos con FSH fue de 4,6 ± 1,3 (rango: 3-6), mientras que bST casi duplicó este valor (8,2 ± 2,20; rango: 6-11). Este hallazgo refleja una mayor eficacia en la recuperación de gametos funcionales con bST, crucial para técnicas como la fertilización *in vitro*. En vacas lactantes, la tendencia se mantuvo: FSH produjo 4,8 ± 1,3 ovocitos viables (rango: 4-7), frente a 7,2 ± 1,6 con bST (rango: 5-9).

Interacciones. La Tabla 2 compara los efectos de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la somatotropina bovina (bST) en la dinámica folicular de vacas lactantes y no lactantes. Los resultados se presentan como medias ± desviación estándar, con superíndices (a, b, c) que denotan diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre grupos.

Tabla 1. Resultados descriptivos de protocolos hormonales (FSH y bST) en vacas lactantes y no lactantes.

Estado	Tratamiento	Variable	Media	sd	Min	Max
No lactante	FSH	Tamaño del folículo 2-4 mm	9,2	1,31,5	8	11
	FSH	Tamaño del folículo 4-8 mm	3,8	2,6	2	6
	FSH	Folículo total	13,2	1,3	10	16
	FSH	Ovocitos viables	4,6		3	6
	FSH	Ovocitos totales	8,8	1,9	6	11
	bST	Tamaño del folículo 2-4 mm	11,2	2,6	8	14
	bST	Tamaño del folículo 4-8 mm	2,8	1,7	0	5
	bST	Folículo total	14,	1,9	11	16
	bST	Ovocitos viables	8,2	2,2	6	11
	bST	Ovocitos totales	10,6	1,7	8	12
Lactante	FSH	Tamaño del folículo 2-4 mm	6,4	1,3	5	8
	FSH	Tamaño del folículo 4-8 mm	5	0,7	4	6
	FSH	Folículo total	11,8	1,9	9	14
	FSH	Ovocitos viables	4,8	1,3	4	7
	FSH	Ovocitos totales	9	2,2	7	13
	bST	Tamaño del folículo 2-4 mm	12	1,0	10	14
	bST	Tamaño del folículo 4-8 mm	4,4	2,6	0	6
	bST	Folículo total	16,4	2,3	14	19
	bST	Ovocitos viables	7,2	1,6	5	9
	bST	Ovocitos totales	12,8	0,8	12	14

sd=desvío estándar; Min= mínima; Max= máxima.

Tabla 2. Resultados de la interacción de vacas lactantes y no lactantes con protocolos hormonales (FSH y bST).

Variable	Lactante		No lactante	
	FSH	bST	FSH	bST
Folículo total	11,8 ^b ± 1,92	16,4 ^a ± 2,3	13,2 ^{ab} ± 2,58	14 ^{ab} ± 1,87
Tamaño (2 – 4 mm)	6,4 ^c ± 1,34	12 ^a ± 1,41	9,2 ^b ± 1,3	11,2 ^{ab} ± 1,41
Tamaño (4 – 8 mm)	5 ^a ± 0,7	4 ^a ± 2,54	3,8 ^a ± 1,48	2,8 ^a ± 1,78
Ovocito viable	9 ^b ± 2,34	12,8 ^a ± 0,83	8,8 ^b ± 1,92	10,6 ^{ab} ± 1,51
Ovocitos totales	4,6 ^b ± 1,51	7,6 ^a ± 1,67	4,6 ^b ± 1,34	7,6 ^a ± 1,67

Letras iguales en la misma fila indican similitud y letras distintas indican diferencias estadísticas con un nivel de confianza del 95%.

Recuento total de folículos. En vacas lactantes (Tabla 2), el tratamiento con bST registró un recuento total de folículos significativamente ($p < 0,05$) mayor ($16,4 \pm 2,3$) en comparación con FSH ($11,8 \pm 1,92$). En contraste, en vacas no lactantes, no se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$), bST alcanzó $14 \pm 1,87$, mientras que FSH mostró $13,2 \pm 2,58$ folículos, sin diferencias estadísticas claras. Este hallazgo concuerda con estudios que atribuyen a la somatotropina un papel clave en la mejora de la actividad ovárica durante la lactancia, posiblemente al modular el balance energético y aumentar la disponibilidad de glucosa, un sustrato crítico para el desarrollo folicular (Butler 2003). Por otro lado, el estado fisiológico potencia la eficacia

de la somatotropina (Lucy 2016), por ello no se encontró diferencias significativas en vacas no lactantes. Todo esto sugiere que bST potencia la reserva folicular de manera más efectiva en vacas en fase de lactancia, posiblemente debido a interacciones sinérgicas con el metabolismo energético asociado a la producción láctea.

Tamaño de los folículos. Los resultados obtenidos (Tabla 2), en cuanto al número de folículos de tamaño (2-4 mm), bST destacó en ambos grupos, especialmente en lactantes ($12 \pm 1,41$) frente a FSH ($6,4 \pm 1,34$) evidenciando diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Este aumento podría relacionarse con la capacidad de la somatotropina para

estimular la secreción de IGF-1, un factor de crecimiento asociado a la activación de folículos primordiales (Baruselli et al. 2023). Por otro lado, en no lactantes, la diferencia significativa ($p < 0,05$) fue menor pero consistente con $11,2 \pm 1,41$ folículos y $9,2 \pm 1,3$ folículos; para bST y FSH, respectivamente. Para número de folículos de tamaño (4-8 mm), no se evidenció diferencias significativas en lactantes ($p > 0,05$) FSH y bST mostraron similar número de folículos con $5 \pm 0,7$ y $4 \pm 2,54$, respectivamente. Del mismo modo, para no lactantes no se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$). Este resultado coincide con investigaciones que atribuyen a la FSH un rol en el mantenimiento de folículos en etapas intermedias, previniendo la atresia (Fortune 1994, Fricke et al. 2023). Estas similitudes sugieren que hay algunos factores que podrían influir como el estrés o la edad. En no lactantes, ambos tratamientos fueron menos efectivos, lo que sugiere que factores como el estrés metabólico o la edad podrían influir (Wiltbank et al. 2016, Khan et al. 2023), posiblemente indicando una regulación negativa del crecimiento folicular avanzado por la administración de hormonas exógenas (Lucy 2016, Gareis et al. 2023).

Ovocitos viables y no viables. Los resultados de ovocitos viables mostraron diferencias significativas entre los protocolos hormonales en ambos grupos. En vacas lactantes, el protocolo bST registró un mayor número de ovocitos viables ($12,8 \pm 0,83$) en comparación con FSH ($9 \pm 2,34$; $p < 0,05$), evidenciando una superioridad estadística y menor variabilidad. En vacas no lactantes, aunque el bST también superó a FSH con $10,6 \pm 1,51$ y $8,8 \pm 1,92$ ovocitos viables ($p < 0,05$), respectivamente; la diferencia fue menos pronunciada que en lactantes. Estos hallazgos sugieren que el bST optimiza la recuperación de ovocitos viables, particularmente en vacas lactantes. Este incremento podría explicarse por la mejora en la calidad del fluido folicular, asociada a mayores niveles de IGF-1 (Lonergan 2011). Además, la menor variabilidad en ovocitos totales con bST ($7,6 \pm 1,67$ en lactantes) sugiere mayor consistencia, un factor crítico para técnicas como la fertilización in vitro (Brackett y Zuelke 1993, Payano et al. 2024).

Los hallazgos demuestran que bST es una herramienta superior para optimizar la reserva folicular y la calidad ovocitaria en vacas lactantes, gracias a su interacción sinérgica con el metabolismo energético posparto (Kim et al. 2023). En contraste, FSH mantiene su relevancia en la estabilización de folículos medianos, siendo una opción viable en escenarios donde se priorice el equilibrio folicular. Estos resultados enfatizan la necesidad de protocolos personalizados que consideren el estado fisiológico, maximizando así la eficiencia reproductiva en sistemas lecheros. Futuras investigaciones deberían explorar la integración de ambas hormonas en tratamientos secuenciales, combinando la estimulación temprana de bST con el mantenimiento de FSH, para potenciar resultados en diversos contextos productivos.

Agradecimiento. Los autores desean expresar sus agradecimientos a los financiamentos de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

ORCID

Payano I.U. ✉ iunchupaico@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-6441-5016>

Eulogio C.Q. ✉ d.cquispe@upla.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-2316-1646>

Gomez E.A. ✉ d.eancco@ms.upla.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-5119-5202>

Villar F.A. ✉ farauco@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-1768-8388>

Fermín J.U. ✉ foxsale09@hotmail.com;  <https://orcid.org/0000-0001-9192-3991>

Saavedra E. ✉ esaavedra@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-0827-9398>

Mauricio Ramos Y. ✉ ymauricio@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0009-0008-1518-6238>

Sarapura V. ✉ vickysc@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0003-1789-7574>

Ninahuanca J. ✉ jninhuanca@uncp.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0002-0137-0631>

REFERENCIAS

1. Aerts JMJ, Bols PEJ. Ovarian follicular dynamics: a review with emphasis on the bovine species. Part I: Folliculogenesis and pre-antral follicle development. *Reprod. Domest. Anim.* 2010; 45(1): 171-179.
2. Albaaj A, Durocher J, LeBlanc SJ Dufour S. Meta-analysis of the incidence of pregnancy losses in dairy cows at different stages to 90 days of gestation. *JDS communications.* 2023; 4(2): 144-148.
3. Alfradique VAP, Alves SVP, Netto DLS, Machado AF, Penitente-Filho JM, da Silva W, Brandao FZ, Lopez MS, Guimarães SEF. The effect of age and FSH stimulation on the ovarian follicular response, nuclear maturation, and gene expression of cumulus-oocyte complexes in prepubertal gilts. *Theriogenology.* 2023; 199: 57-68.
4. Baruselli PS, Abreu LÂD, Catussi BLC, Oliveira ACDS, Rebeis LM, Gricio EA, Albertini S, Sales JNS, Rodrigues CA. Use of new recombinant proteins for ovarian stimulation in ruminants. *Anim. Reprod.* 2023; 20(2): e20230092.
5. Berisha B, Thaqi G, Sinowatz F, Schams D, Rodler D, Pfaffl MW. Prostaglandins as local regulators of ovarian physiology in ruminants. *Anatomia, Histologia. Embryol.* 2024; 53(1): e12980.
6. Brackett BG, Zuelke KA. Analysis of factors involved in the *in vitro* production of bovine embryos. *Theriogenology.* 1993; 39(1): 43-64.
7. Butler WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2003; 83(2-3): 211-218.
8. Carrera-Chávez JM, Hernández-Cerón J, López-Carlos MA, Lozano-Domínguez RR, Molinar F, Echavarría-Cháirez FG, Bañuelos-Valenzuela R, Aréchiga-Flores CF. Superovulatory response and embryo development in ewes treated with two doses of bovine somatotropin. *Anim. Reprod. Sci.* 2014; 151(3-4): 105-111.

9. Cox JF, Carrasco A, Navarrete F, Allende R, Saravia F, Dorado J. Unveiling the role of IGF-I in fertility: Effect of long-acting bovine somatotropin (bST) on terminal follicular development and fertility during an annual reproductive cycle in sheep. *Animals*. 2024; 14(7): 1097.
10. Estremadoyro LJG, Salome PH, Carhuas JN, Guzman SO, Tacza AA, Guillen MAF, Garcia-Olarte E. Effects of Different Seasons on Milk Quality: A Study on Two Cattle Breeds in Rainy and Drought Contexts. *World Vet. J.* 2024; 14(2): 213-219.
11. Fortune JE. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biol. Reprod.* 1994; 50(2): 225-232.
12. Fricke PM, Wiltbank MC, Pursley JR. The high fertility cycle. *JDS communications*. 2023; 4(2): 127-131.
13. Gareis NC, Rodríguez FM, Moreyra MC, Stassi AF, Angeli E, Etchevers L, Salvetti NR, Rey F. Contribution of key elements of nutritional metabolism to the development of cystic ovarian disease in dairy cattle. *Theriogenology*. 2023; 197: 209-223.
14. Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, Gibbons JR, Kot K. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod.* 2018; 65(2): 345-350.
15. Haadsma ML, Bukman A, Groen H, Roeloffzen EMA, Groenewoud ER, Heineman MJM, Hoek A. The number of small antral follicles (2–6 mm) determines the outcome of endocrine ovarian reserve tests in a subfertile population. *Hum. Reprod.* 2007; 22(7): 1925-1931.
16. Hafizuddin WS, Siregar TN, Sutriana A, Triyuliani R, Herviani SR, Syuhada MF, Salimah N, Eriswandi MM, Ayu RP, Nufus PH. Ovarian and hormonal responses of local rabbits after superovulation induction with bovine pituitary extract. *Adv. Anim. Vet.* 2024; 12(8): 1539-1547.
17. Khan S, Jamal MA, Khan IM, Ullah I, Jabbar A, Khan NM, Liu Y. Factors affecting superovulation induction in goats (*Capra hircus*): An analysis of various approaches. *Front. Vet. Sci.* 2023; 10: 1152103.
18. Kim M, Park JE, Lee Y, Lee ST, Lee GS, Hyun SH, Lee E, Lee J. Effect of growth factors and hormones during *in vitro* growth culture of cumulus-oocyte-complexes derived from small antral follicles in pigs. *Animals*. 2023; 13(7): 1206.
19. Landeo L, Zuñiga M, Gastelu T, Artica M, Ruiz J, Silva M, Ratto MH. Oocyte quality, *in vitro* fertilization and embryo development of alpaca oocytes collected by ultrasound-guided follicular aspiration or from slaughterhouse ovaries. *Animals*. 2022; 12(9): 1102.
20. Lasiene K, Vitkus A, Valanèiūtė A, Lasys V. Morphological criteria of oocyte quality. *Medicina*. 2009; 45(7): 509.
21. Lonergan P. Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. *Theriogenology*. 2011; 76(9): 1594-1601.
22. Lucy MC. Mechanisms linking the somatotropic axis with insulin: lessons from the postpartum dairy cow. *Mol. Cell Endocrinol.* 2016; 519(1): 107-117.
23. Payano IU, Eulogio CQ, Gómez EA, Carhuas JN, Villar FA, Fermín JU, Sánchez NM. Effects of Two Types of Estrogen on the Follicular Wave for *in Vivo* Oocyte Collection in Brown Swiss Cows. *World Vet. J.* 2024; 14(3): 366-372.
24. Ramírez-Lozano R, Ramirez OR. Evaluación de la condición corporal y el rendimiento de la canal de los bovinos faenados en el camal privado Bello Horizonte, San Martín. *Revist. Vet. Zootec. Amazónica*. 2021; 1(1): 43-52.
25. Santos JEP, Rutigliano HM, Sá Filho OG. Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 2020; 110(3-4): 207-221.
26. Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Anim. Reprod.* 2017; 14(3): 530-543.
27. Sguizzato ALL, Guimarães SEF, Santos GM, Santos EF, Marcondes MI. Is bovine somatotropin an alternative strategy to overcome the detrimental effects of high-gain diets on prepubertal Holstein× Gyr heifers?. *PLoS One*. 2024; 19(4): e0300728.
28. Uchida K, Mandebvu P, Ballard CS, Sniffen CJ, Carter MP. Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2001; 93(3-4): 193-203.
29. Villar FA, Estremadoyro LG, Payano IU, Sanchez NM, Laurente KA, Maurico-Ramos Y, Carhuas JN. Eficacia de SNAP DUO ST Plus y HPLC en la detección de residuos de antibióticos en leche cruda del Valle del Mantaro, Perú. *Rev. Vet.* 2025; 36(1): 1-7.
30. Wiltbank MC, Baez GM, Garcia-Guerra A, Toledo MZ, Monteiro PL, Melo LF, Ochoa JC, Santos JEP, Sartori R. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 2016; 86(1): 239-253.